PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-289785
(43)Date of publication of application : 19.10.2001

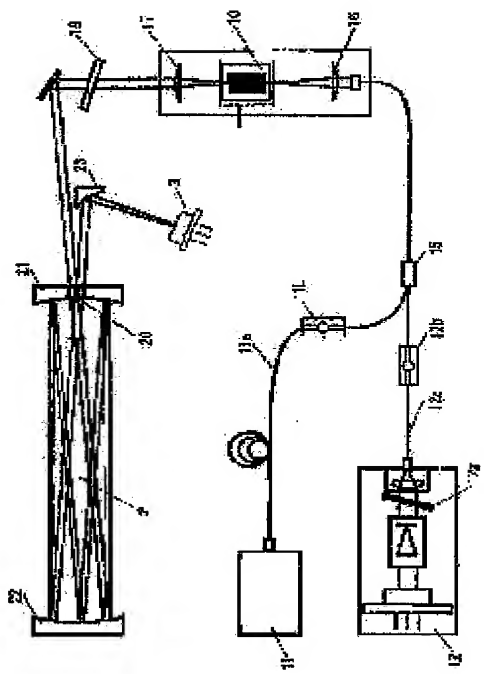
(51)Int.Cl. G01N 21/39

(21)Application number : 2000-105513
(22)Date of filing : 06.04.2000

(71)Applicant : OYO KOGAKU KENKYUSHO
(72)Inventor : FUJIOKA TOMOO
YAMAGUCHI SHIGERU
TITTEL FRANK

(54) INFRARED LASER COMPONENT DETECTOR

(57)Abstract:
PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a detector for optically detecting a trace gas content reduced in weight and volume to a ppb (10-9) level, by improving operability and environment resistance of the device.
SOLUTION: After a first laser beam having a spectral line in a first wavelength area and a second laser beam having a spectral line in a wavelength area of a shorter/longer wavelength than the first wavelength are guided via isolators 11b and 12b and optical fibers 11a and 12a, so as to be multiplexed by means of an optical multiplexer 15, a narrow-band laser beam is produced in a intermediate infrared area (2-9 μm) by means of a difference frequency producing nonlinear optical crystal 10, and on the basis of absorption based on the trace gas constituent in the narrow-band laser beam, the trace gas constituent is detected and its quantity is determined. The wavelength area of the second laser beam is varied by means of an external controller 6 so as to be synchronized with the absorption wavelength of the trace gas content to be detected, and consequently, component detection and quantity determination can be carried out.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

[Claim(s)]
[Claim 1] Infrared-laser component detection equipment which is made to generate a narrow-band laser beam in an inside infrared field (2-9 micrometers) with the nonlinear optical crystal for difference frequency generations, and detects and carries out the quantum of the minute amount gas constituents based on absorption by the minute amount gas constituents of this narrow-band laser beam after carrying out the light guide of the 1st laser beam which has the spectral line in the 1st wavelength region, and the 2nd laser beam which has the spectral line on short wavelength or long wavelength from the wavelength region of the above 1st through an isolator and an optical fiber and multiplexing with an optical multiplexing vessel.
[Claim 2] Infrared laser component detection equipment according to claim 1 which is aligned with the absorption wavelength of the minute amount gas constituents which wavelength should be changed and should detect the wavelength of the 2nd laser beam with external-control equipment, and considers a quantum as component detection.
[Detailed Description of the Invention]
[0001]
[Field of the Invention] About the equipment which detects optically the minute amount gas constituents of ppb (10-9) level using the laser beam of the absorption region wavelength of detected gas, especially, this invention controls the wavelength of a laser beam, and based on the absorption effect of the laser beam which aligned with the absorption region of oscillating revolution transition of the specific gas molecule which exists in each wavelength field, it constitutes it so that specification of various minute amount gas and the quantum of concentration may be carried out to real time.
[0002]
[Description of the Prior Art] In recent years, the monitor and detection of ppb (10-9) level of minute amount gas are important on environmental sanitation. For example, the interest is attracted until which is emitted at a city, the farm village section, and works or it results in the monitor of a station environment from the field about physiology and global warming further.
[0003] As the detection approach of the minute amount gas constituents of ppb (10-9) level, a gas chromatograph, a liquid chromatograph, a mass spectrometry or the equipment that analyzes the minute amount gas constituents which used these together, and electrochemical analysis are known conventionally. However, also in which approach, since the lead time (it is sometimes about ten - 20 days) of pretreatments, such as concentration of a sample, was also required in order for a quantum to take a certain amount of time amount (about 30 minutes) and to raise dependability, detection of real time was difficult.
[0004]
[Problem(s) to be Solved by the Invention] Although real-time detection of minute amount gas constituents is theoretically possible, in case the detection approach based on fluorescence, dispersion, absorption, etc. by the laser beam detects a certain kind of minute amount gas constituents, it needs to double the output wavelength of laser with the absorption region of a matter proper.
[0005] The laser component which emits the laser beam of the infrared region in direct in an inside infrared region, using a lead semi-conductor as laser which can change output wavelength, and the optical parametric oscillator are known.
[0006] Since output wavelength was changed by operating at the low temperature of about 77 degrees K, and adjusting operating temperature, actuation of changing output wavelength was difficult for the laser component using a lead semi-conductor, and it required time amount, and even if it could carry out in the laboratory, it was inapplicable to environmental measurement as practical use equipment.
[0007] Moreover, while emanating, the spectral band width of the optical parametric oscillator of an infrared light line was wide, and its equipment was large-sized and it did not fit exact measurement of minute amount gas.
[0008] Then, while this invention performs real-time measurement, in order to raise the resistance to environment of equipment and to mitigate weight and the volume To the laser light source to which

output wavelength is changed between two laser light sources which generate the laser beam of difference frequency among the component parts of the equipment which generates a laser beam For the component which mixes two beams of light, using the semiconductor laser component which adjusts an energization current and can change output wavelength The nonlinear optical crystal for difference frequency generations to which it has a nonlinear characteristic in a broadband and it is not necessary to change whenever [over a crystal / incident angle] (For example, Periodically Poled Lithium Niobate:LiNbO3:period reversal mold lithium niobate) is used. Furthermore, the optical fiber for a communication link is used for the components concerning the light guide of a laser beam, it constitutes so that an optical mirror and large mounting of weight may not be used as much as possible, and real-time measurement is enabled.

[0009]

[Means for Solving the Problem] The 1st laser beam to which the infrared laser component detection equipment of this invention has the spectral line in the 1st wavelength region, The 2nd laser beam which has the spectral line on short wavelength or long wavelength from the 1st wavelength region Isolator 11b, After carrying out a light guide through 12b and optical fibers 11a and 12a and multiplexing with the optical multiplexing vessel 15, A narrow-band laser beam is generated in an inside infrared field (2-9 micrometers) with the nonlinear optical crystal 10 for difference frequency generations, and the quantum of the minute amount gas constituents is detected and carried out based on absorption by the minute amount gas constituents of this narrow-band laser beam.

[0010] Moreover, it can be made to be able to align with the absorption wavelength of the minute amount gas constituents which the output wavelength of the 2nd laser beam should be changed with external-control equipment, and should detect it, and component detection and a quantum can be carried out.

[0011]

[Embodiment of the Invention] The infrared laser component detector of this invention possesses the laser beam generating section which generates the laser beam which aligned with the absorption line of detected gas, the detected space 2 to which the multiple echo of between reflecting mirrors 21 and 22 was carried out and detected gas was [space] full of this laser beam, and the optoelectric transducer 3 which detects the reinforcement of the laser beam by which the multiple echo was carried out, as shown in <u>drawing 1</u> .

[0012] The laser beam generating section For example, the 1st laser light source 11 which outputs a wavelength lambda1=1.06micrometer laser beam, The 2nd laser light source 12 which can change output wavelength focusing on wavelength lambda2=1.57micrometer, The optical multiplexing machine 15 to which two laser beams outputted from these two laser light sources 11 and 12 are led through optical fibers 11a and 12a and optical isolators 11b and 12b, The lens 16 which converges the laser beam multiplexed and outputted with this optical multiplexing vessel 15, The nonlinear optical crystal 10 for difference frequency generations which this laser beam that converged carries out incidence, and outputs the wavelength component of the difference of the wavelength of two laser beams which carried out incidence, It is constituted by the collimate lens 17 which makes a parallel ray the beam of light outputted from this nonlinear optical crystal 10 for difference frequency generations, and the filter 18 which passes a long wavelength component (2-9 micrometers) among the beams of light outputted from the nonlinear optical crystal 10 for difference frequency generations.

[0013] As an output wavelength region is shown in <u>drawing 2</u> as the 2nd laser light source 12 which may change The wavelength adjustable semiconductor laser diode components 31-3n arranged circularly, The optical fibers 41-4n to which an each laser diode components [31-3n] output beam of light is led, The optical change-over machine 4 which switches an each optical fibers [41-4n] point one by one, and is led to optical-fiber 12a, The laser light source constituted by this change-over switch (not shown) that interlocks optical change-over machine 4 and is energized for one laser diode component, and the control unit (not shown) which controls an energization current to the set point can be used. Moreover, instead of using the optical change-over machine 4, the head of optical-fiber 12a may be put in one each

laser diode components [31-3n] irradiation hole, and may be changed.

[0014] The range to which the wavelength of one wavelength adjustable semiconductor laser diode component may be changed is few (about 0.001-0.010 micrometers), and is several times the wavelength range which includes the absorption region A of drawing 4 , and the transparency region B about one kind of gas. Therefore, if the class of measured gas changes, the class of wavelength adjustable semiconductor laser component must be changed.

[0015] Then, two or more laser diode components 31-3n As shown in spectral characteristics curvilinear drawing of drawing 3 , output wavelength regions are two or more different laser diode components small [every]. Each laser diode component By connecting the optical change-over machine 4 and a change-over switch 5 possible [to extent which can cover between the spectrums which each adjoin by adjusting an energization current / output wavelength] and interlocked with [extent] Out of each laser diode components 31-3n, one laser diode component is chosen, and can be operated, and the laser beam of request wavelength can be made to output by adjusting the energization current and changing output wavelength. Moreover, 12g of diffraction gratings can be prepared as a means to change the output wavelength of a laser diode component, and output wavelength can be changed by adjusting the include angle to the optical axis of 12g of this diffraction grating.

[0016] Furthermore, the laser diode component suitable for detected gas is chosen, the control unit using a computer adjusts an energization current, and the laser beam of request wavelength makes output by storing in the memory of a computer the table of the data in which the number of the laser diode component which emits light in the laser beam of wavelength suitable for detection of two or more detected gas constituents and each gas constituents, and relation with the energization current are shown, and inputting the class of detected gas.

[0017] The nonlinear optical crystal 10 for difference frequency generations is a nonlinear optical crystal. From the photon of two high frequencies If conditions which the conversion process (lambda 1, lambda2 ->lambda3, an example: 1000nm - 1500 nm -> 3000nm) which generates one low energy photon produces are set up By choosing suitably the wavelength of the 1st laser beam (wavelength lambda1=1micrometer) and the 2nd laser beam (wavelength lambda2=1.5-3.0micrometer), the laser beam of a narrow-band is obtained in an inside infrared field (2-9 micrometers), it can be made to be able to align with the absorption region of detected gas, and change of optical reinforcement can be obtained.

[0018] In addition, optical isolators 11b and 12b are formed in order to prevent that the reflected light of a laser beam carries out incidence to laser light sources 11 and 12, and makes laser light sources 11 and 12 instability.

[0019] The 1st concave mirror 21 which the detected space 2 is space made full of detected gas, and has a bore 20 in the center section, After carrying out the multiple echo of the laser beam of an infrared field between two concave mirrors 21 and 22 while having this 1st concave mirror 21 and the 2nd concave mirror 22 which countered and carrying out incidence in the direction of slant through the bore 20 of the 1st concave mirror 21, Make it output in the direction of slant from the bore 20 of the 1st concave mirror 21, and it is made to reflect with a reflecting mirror 23, and it is constituted so that incidence may be carried out to an optical detector (optoelectric transducer) 3.

[0020] Next, the procedure which measures the detected gas concentration which exists in the detected space 2 using the infrared laser component detector constituted in this way is explained.

[0021] The detected space 2 makes detected gas full, if the gas constituents which want to operate and detect the keyboard of a control device 6 are inputted, will select the laser diode component of the 2nd laser light source 12 corresponding to the inputted gas constituents, and will set the energization current as the value of request wavelength.

[0022] And if the 1st laser light source 11 and the 2nd laser light source 12 are operated For example, a 1.06-micrometer laser beam is outputted from the 1st laser light source 11. Since the laser beam of the single spectrum to which wavelength may be changed focusing on 1.57 micrometers from the 2nd laser light source 12 is outputted Lead these two laser beams to the optical multiplexing machine 15 through

optical fibers 11a and 12a, and it is made to multiplex. The laser beam of the wavelength component of the difference of the wavelength of two laser beams to which it converged with the lens 16, and incidence of the laser beam it was multiplexed [laser beam] was carried out to the nonlinear optical crystal 10 for difference frequency generations, and it carried out incidence is made to output. As shown in transparency spectrum curvilinear drawing of drawing 4 , the wavelength of the laser beam outputted from this nonlinear optical crystal 10 can be made in agreement with the absorption region A of the narrow-band absorbed by detected gas, or can be changed to the transparency region B from which it separated from this absorption region A.

[0023] After it makes the detected space 2 carry out incidence of the laser beam outputted from this nonlinear optical crystal 10 through the bore 20 of the 1st concave mirror 21 and it carries out a multiple echo between the 1st concave mirror 21 and the 2nd concave mirror 22, make it output in the direction of slant with the 1st concave mirror 21, it is made to reflect with a reflecting mirror 23, and incidence is carried out to an optical detector 3. this -- **, if it <TXF FR=0001 HE=155 WI=080 LX=0200 LY=0300> comes and detected gas exists in the detected space 2 Since the laser beam of the absorption region A outputted from the nonlinear optical crystal 10 is absorbed and the laser beam of the transparency region B is not absorbed If change the absorbed amount in these absorption regions A and the transparency region B into an electrical signal with an optical detector 3, it is made to input into a control unit 6 and both ratio is obtained, this ratio corresponds to the concentration of detected gas.

[0024] In a control unit 6, perform data processing which changes into gas concentration the electrical signal outputted from the optical detector 3 in an absorption region A and the transparency region B, and it is made to display on a drop by computer based on the principle of Lambert-Beer that the change on the strength by absorption of the laser beam which passes the absorption medium of fixed concentration decreases exponentially to transparency distance, or a printout is carried out by the printer.

[0025] When detected gas is strange, the data corresponding to two or more detected gas constituents stored in memory by the control device 6 are read one by one, sequential change of the output wavelength of the 2nd laser light source 12 is carried out, and it scans on the absorption wavelength of all the detected gas that exists in the detected space 2. And what is necessary is to perform data processing which changes into gas concentration the electrical signal outputted from the optical detector 3 for every wavelength, and to make it display on a drop, or just to carry out a printout by the printer.

[0026]

[Effect of the Invention] According to this invention, so that clearly from the explanation based on the gestalt of the above operation by computer control The lead time for being able to measure the concentration of desired detected gas, and making the wavelength of the 2nd laser beam scan, and detecting the following gas molecule from one gas molecule Since it becomes short with about several seconds, even if the minute amount gas of strange varieties exists, it becomes measurable [real time] with one equipment.

[0027] Since attach an optical-fiber coupler in a laser light source, there is no location gap of the optical system by an oscillation or the temperature change since direct continuation of the optical fiber for a communication link is carried out, and it becomes what has high dependability and the degree of freedom of arrangement of a laser light source increases within the limits of the bending degree of freedom of a fiber further, while becoming ******, lightweight-ization by the cutback of components mark can also be performed.

(19)日本国特許庁（JP）　(12) 公開特許公報（A）　(11)特許出願公開番号 特開2001－289785 (P2001－289785A)

(43)公開日 平成13年10月19日(2001.10.19)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
G01N 21/39		G01N 21/39	2G059

審査請求 未請求 請求項の数2 OL (全 5 頁)

(21)出願番号 特願2000－105513(P2000－105513)

(22)出願日 平成12年4月6日(2000.4.6)

(71)出願人 591246791
財団法人応用光学研究所
東京都江東区富岡2丁目5番5号

(72)発明者 藤岡 知夫
東京都文京区西片2丁目15番18号

(72)発明者 山口 滋
神奈川県平塚市南金目380－202

(72)発明者 ティッテル，フランク
アメリカ合衆国テキサス州ヒューストン市ヘルマンドライブ1111 ワーウィックタワー24階

(74)代理人 100099254
弁理士 役 昌明 （外4名）

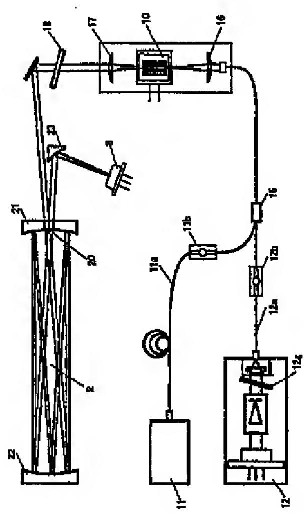
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 赤外線レーザ成分検出装置

(57)【要約】

【課題】 装置の操作性と耐環境性を向上させ、重量、体積を軽減したppb（10^{-9}）レベルの微量ガス成分を光学的に検出する装置を提供すること。

【解決手段】 第1の波長域にスペクトル線を有する第1レーザ光線と、第1の波長域より短波長あるいは長波長にスペクトル線を有する第2レーザ光線とをアイソレーター11b、12bおよび光ファイバー11a、12aを介して導光し、光合波器15により合波した後、差周波発生用非線形光学結晶10により中赤外線領域（2～9μm）で狭帯域レーザ光線を発生させ、この狭帯域レーザ光線の微量ガス成分による吸収に基づいて微量ガス成分を検出し定量するものである。第2のレーザ光線の波長域を外部制御装置6によって変化させ、検出すべき微量ガス成分の吸収波長に同調させて、成分検出と定量をすることができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の波長域にスペクトル線を有する第1レーザ光線と、上記第1の波長域より短波長あるいは長波長にスペクトル線を有する第2レーザ光線とをアイソレーターおよび光ファイバーを介して導光し、光合波器により合波した後、差周波発生用非線形光学結晶により中赤外線領域（2～9μm）で狭帯域レーザ光線を発生させ、該狭帯域レーザ光線の微量ガス成分による吸収に基づいて微量ガス成分を検出し定量する赤外線レーザ成分検出装置。

【請求項2】 第2のレーザ光線の波長を外部制御装置によって波長を変化させ、検出すべき微量ガス成分の吸収波長に同調させて、成分検出と定量をする請求項1に記載の赤外線レーザ成分検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、被検出ガスの吸収波長のレーザ光線を用いてppb（10^{-9}）レベルの微量ガス成分を光学的に検出する装置に関し、特に、レーザ光線の波長を制御して、各波長領域に存在する特定ガス分子の振動回転遷移の吸収域に同調したレーザ光線の吸収効果に基づいて、各種微量ガスの特定と濃度の定量をリアルタイムに行なうように構成したものである。

【0002】

【従来の技術】近年、ppb（10^{-9}）レベルの微量ガスの監視や検出が、環境衛生上重要になっている。例えば、都市・農村部・工場においてどれだけ放出されているか、さらに生理学・地球温暖化に関する分野から、職場環境の監視にいたるまで関心が集められている。

【0003】ppb（10^{-9}）レベルの微量ガス成分の検出方法として、従来よりガスクロマトグラフ、液クロマトグラフ、質量分析法、あるいはこれらを併用した微量ガス成分を分析する装置、電気化学的な分析が知られている。しかし、いずれの方法においても、定量にある程度の時間（30分程度）を要し、また、信頼性を高めるために、試料の濃縮などの前処理のリードタイム（時に10～20日程度）も必要であったので、リアルタイムの検出は困難であった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】レーザ光線による、蛍光、散乱、吸収などに基づく検出方法は、原理的に微量ガス成分のリアルタイム検出が可能であるが、ある種の微量ガス成分を検出する際に、物質固有の吸収域にレーザの出力波長を合わせることが必要である。

【0005】中赤外域で出力波長を変化できるレーザとしては、鉛半導体を用いて直接中赤外域のレーザ光線を放射するレーザ素子と、光パラメトリック発振器が知られている。

【0006】鉛半導体を用いたレーザ素子は、77°K程度の低い温度で動作するものであって、動作温度を調整することにより出力波長を変化させるので、出力波長を変化させる操作が困難で、かつ時間がかかり、実験室において実施できても実用装置として環境計測に適用することはできなかった。

【0007】また、光パラメトリック発振器は、放射する中赤外光線のスペクトル幅が広く、かつ装置が大型であって、微量ガスの正確な計測に適さなかった。

【0008】そこで、この発明は、リアルタイム測定を行なうとともに装置の耐環境性を向上させ、重量、体積を軽減するために、レーザ光線を発生する装置の構成部品のうち、差周波数のレーザ光線を発生させる2つのレーザ光源のうち、出力波長を変化させるレーザ光源には、通電電流を調整して出力波長を変化できる半導体レーザ素子を用い、2つの光線を混合する素子には、広帯域に非線形特性を有し、結晶に対する入射角度を変化させる必要がない差周波発生用非線形光学結晶（例えば、Periodically Poled Lithium Niobate：$LiNbO_3$：周期反転型ニオブ酸リチウム）を用い、さらに、レーザ光線の導光に係わる部品に、通信用光ファイバーを用いて、光学ミラーと重量の大きいマウントをできるだけ使用しないように構成し、リアルタイム測定を可能にしたものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】この発明の赤外線レーザ成分検出装置は、第1の波長域にスペクトル線を有する第1レーザ光線と、第1の波長域より短波長あるいは長波長にスペクトル線を有する第2レーザ光線とをアイソレーター11b、12bおよび光ファイバー11a、12aを介して導光し、光合波器15により合波した後、差周波発生用非線形光学結晶10により中赤外線領域（2～9μm）で狭帯域レーザ光線を発生させ、この狭帯域レーザ光線の微量ガス成分による吸収に基づいて微量ガス成分を検出し定量するものである。

【0010】また、第2のレーザ光線の出力波長を外部制御装置によって変化させ、検出すべき微量ガス成分の吸収波長に同調させて、成分検出と定量とを実施することができる。

【0011】

【発明の実施の形態】この発明の赤外線レーザ成分検出器は、図1に示すように、被検知ガスの吸収線に同調したレーザ光線を発生するレーザ光線発生部と、このレーザ光線を反射鏡21、22の間を多重反射させ、被検知ガスが充満した被検知空間2と、多重反射されたレーザ光線の強度を検知する光電変換素子3とを具備している。

【0012】レーザ光線発生部は、例えば、波長$λ_1$＝1.06μmのレーザ光線を出力する第1レーザ光源11と、波長$λ_2$＝1.57μmを中心に出力波長を変化できる第2レーザ光源12と、これら2つのレーザ光源11、12より出力される2つのレーザ光線を光ファイバー11a、12aおよび光アイソレーター11b、12bを介して導かれる光合

波器15と、この光合波器15で合波されて出力されるレーザ光線を集束するレンズ16と、この集束されたレーザ光線が入射し、入射した2つのレーザ光線の波長の差の波長成分を出力する差周波発生用非線形光学結晶10と、この差周波発生用非線形光学結晶10から出力される光線を平行光線にするコリメート・レンズ17と、差周波発生用非線形光学結晶10から出力される光線のうち、長波長成分（2～9μｍ）を通過させるフィルタ18とにより構成されている。

【００１３】出力波長域を変化し得る第２レーザ光源12として、図２に示すように、円形に配列された波長可変半導体レーザ・ダイオード素子31～3ｎと、各レーザ・ダイオード素子31～3ｎの出力光線を導く光ファイバー41～4ｎと、各光ファイバー41～4ｎの先端部を順次に切り換えて光ファイバー12ａに導く光切換器４と、この光切換器４連動して１つのレーザ・ダイオード素子に通電する切換スイッチ（図示せず）と、通電電流を設定値に制御する制御装置（図示せず）とにより構成されるレーザ光源を使用することができる。また、光切換器４を使用する代わりに、光ファイバー12ａの先端を、各レーザ・ダイオード素子31～3ｎの１つの放射口に挿し変えてもよいのである。

【００１４】１つの波長可変半導体レーザ・ダイオード素子の波長を変化させ得る範囲は、僅かで（0.001～0.010μｍ程度）、１種類のガスについて、図４の吸収域Ａと透過域Ｂとを含む波長範囲の数倍に過ぎない。したがって、被測定ガスの種類が変わると、波長可変半導体レーザ素子の種類を変更しなければならない。

【００１５】そこで、複数のレーザ・ダイオード素子31～3ｎは、図３のスペクトル特性曲線図に示すように、出力波長域が僅かづつ異なる複数のレーザ・ダイオード素子であって、各レーザ・ダイオード素子は、通電電流を調整することにより各隣接するスペクトル間をカバーし得る程度に出力波長を変化させることが可能なものであり、連動する光切換器４および切換スイッチ５を接続することにより、各レーザ・ダイオード素子31～3ｎの中から１つのレーザ・ダイオード素子を選択して動作させ、その通電電流を調整して出力波長を変化させることにより所望波長のレーザ光線を出力させることができる。また、レーザ・ダイオード素子の出力波長を変化させる手段として回折格子12ｇを設け、この回折格子12ｇの光軸に対する角度を調整することにより出力波長を変化させることができる。

【００１６】さらに、複数の被検出ガス成分と、各ガス成分の検出に適した波長のレーザ光線を発光するレーザ・ダイオード素子の番号およびその通電電流との関係を示すデータのテーブルをコンピュータのメモリに格納しておき、被検出ガスの種類を入力することにより、被検出ガスに適したレーザ・ダイオード素子を選択して、コンピュータを用いた制御装置により通電電流の調整を行なって、所望波長のレーザ光線を出力させる。

【００１７】差周波発生用非線形光学結晶10は、非線形光学結晶で、２つの高い周波数のフォトンから、１つの低いエネルギーフォトンを生成する変換過程（λ_1，λ_2→λ_3，例：1000ｎｍ－1500ｎｍ→3000ｎｍ）が生じるような条件を設定しておくと、第１レーザ光線（波長λ_1＝1μｍ）と第２レーザ光線（波長λ_2＝1.5～3.0μｍ）との波長を適当に選ぶことにより、中赤外線領域（2～9μｍ）で狭帯域のレーザ光線が得られ、被検出ガスの吸収域に同調させて光強度の変化を得ることができる。

【００１８】なお、光アイソレーター11ｂ、12ｂは、レーザ光線の反射光が、レーザ光源11、12に入射して、レーザ光源11、12を不安定にすることを防止するために設けたものである。

【００１９】被検知空間２は、被検知ガスを充満させる空間であって、中央部に透孔20を有する第１凹面鏡21と、この第１凹面鏡21と対向した第２凹面鏡22とを備えており、第１凹面鏡21の透孔20を経て斜め方向に入射した中赤外線領域のレーザ光線を２つの凹面鏡21、22の間で多重反射させたのち、第１凹面鏡21の透孔20より斜め方向に出力させ、反射鏡23で反射させて光検知器（光電変換素子）３へ入射させるように構成されている。

【００２０】次に、このように構成された赤外線レーザ成分検出器を用いて被検知空間２に存在する被検知ガス濃度を測定する手順について説明する。

【００２１】被検知空間２は、被検知ガスを充満させ、制御装置６のキーボードを操作して検出したいガス成分を入力すると、入力されたガス成分に対応する第２レーザ光源12のレーザ・ダイオード素子を選び出し、その通電電流を所望波長の値に設定する。

【００２２】そして、第１レーザ光源11および第２レーザ光源12を動作させると、例えば、第１レーザ光源11より1.06μｍのレーザ光線を出力し、第２レーザ光源12より1.57μｍを中心として波長を変化させ得る単スペクトルのレーザ光線を出力するから、これら２つのレーザ光線を光ファイバー11ａ、12ａを介して光合波器15に導いて合波させ、合波されたレーザ光線をレンズ16で集束して差周波発生用非線形光学結晶10に入射させ、入射させた２つのレーザ光線の波長の差の波長成分のレーザ光線を出力させる。この非線形光学結晶10から出力されるレーザ光線の波長は、図４の透過スペクトル曲線図に示すように、被検知ガスで吸収される狭帯域の吸収域Ａと一致させたり、この吸収域Ａより外れた透過域Ｂに変化させることができる。

【００２３】この非線形光学結晶10から出力されるレーザ光線を、第１凹面鏡21の透孔20を経て被検知空間２に入射させ、第１凹面鏡21と第２凹面鏡22との間で多重反射させたのち、第１凹面鏡21で斜め方向に出力させ、反射鏡23で反射させて光検知器３へ入射させる。このとき、被検知空間２に被検知ガスが存在すると、非線形光学結晶10から出力された吸収域Ａのレーザ光線は吸収され、透過域Ｂのレーザ光線は吸収されないので、これら吸収域Ａおよび透過域Ｂにおける吸収量を光検知器３で電気信号に変換して制御装置６に入力させ、両者の比を得ると、この比が被検知ガスの濃度に対応する。

【００２４】制御装置６においては、一定濃度の吸収媒質を通過するレーザ光線の吸収による強度変化が、透過距離に対して指数関数的に減少するというLambert－Beerの法則に基づき、コンピュータによって、吸収域Ａおよび透過域Ｂにおける光検知器３から出力された電気信号をガス濃度に変換する演算処理を行なって表示器に表示させるか、プリンタにより印字出力させる。

【００２５】被検知ガスが未知の場合には、制御装置６によりメモリに格納されている複数の被検出ガス成分に対応するデータを順次に読み出し、第２レーザ光源12の出力波長を順次変化させて、被検知空間２に存在するすべての被検出ガスの吸収波長で走査する。そして、各波長ごとに光検知器３から出力された電気信号をガス濃度に変換する演算処理を行なって表示器に表示させるか、プリンタにより印字出力させればよいのである。

【００２６】

【発明の効果】以上の実施の形態に基づく説明から明らかなように、この発明によると、コンピュータ制御により、所望の被検知ガスの濃度を測定することができ、また、第２レーザ光線の波長を走査させて、１つのガス分子から次のガス分子を検出するためのリードタイムは、数秒程度と短くなるため、未知の多種類の微量ガスが存在しても、１つの装置でリアルタイムの計測が可能となる。

【００２７】レーザ光源に光ファイバー結合器を取り付＊けて、通信用光ファイバーを直接接続するので振動や温度変化による光学系の位置ずれはなく、信頼性の高いものとなり、さらに、ファイバーの曲げ自由度の範囲内で、レーザ光源の配置の自由度が増すので、省空間になるとともに、部品点数の削減による軽量化もできる。

【図面の簡単な説明】

【図１】この発明の赤外線レーザ成分検出装置の実施の形態を示す概要図。

【図２】図１に示す装置で用いる可変波長レーザ光源の一例を示す原理図。

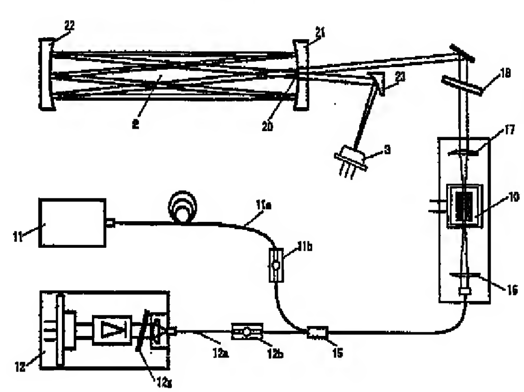
【図３】図２に示す可変波長レーザ光源から放射されるレーザ光線のスペクトル特性曲線図。

【図４】被検知ガスの波長と透過率の関係の一例を示すスペクトル特性曲線図である。

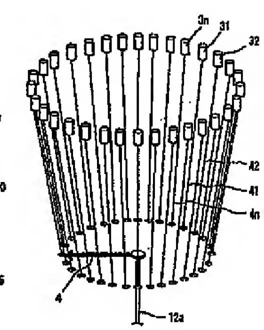
【符号の説明】

１　レーザ光線発生部
２　被検知空間
３　光検知器
４　光切換器
５　切換スイッチ
６　制御装置
10　差周波発生用非線形光学結晶
11、12　レーザ光源
11ａ、12ａ　光ファイバー
11ｂ、12ｂ　光アイソレーター
15　光合波器
20　透孔
21、22　凹面鏡
24　反射鏡
31～3ｎ　レーザ・ダイオード素子

【図１】

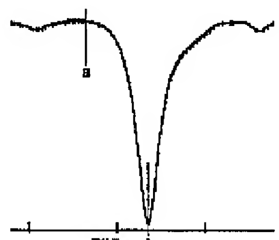


【図２】



【図3】

【図4】



フロントページの続き

Fターム(参考)　2G059 AA01 BB01 CC20 DD12 EE01
FF06 FF10 GG01 GG02 GG03
GG09 HH01 HH06 HH08 JJ02
JJ05 JJ11 JJ14 JJ17 JJ30
KK01 NN05